



## Mise en place de la fonction métrologie dans un laboratoire de recherche

Gilles CALCHERA et Daniel BABRE

**CIRAD**

*Ecole inter-organismes « Qualité en Recherche et en  
enseignement supérieur »*

*du 6 au 8 septembre 2006 – La Grande Motte*



# La fonction métrologie

**METROLOGIE** : NF X 07-001 (VIM 94)

Science de la mesure.

La métrologie embrasse tous les aspects aussi bien théoriques que pratiques se rapportant aux mesurages quelle que soit l'incertitude de celui-ci, dans quelque domaine de la science et de la technologie.



## La fonction métrologie

- Un laboratoire produit des résultats d'analyse.
- Ces résultats doivent satisfaire à des **exigences** explicites (normes, spécifications, ...), ou implicites (analyse du **processus de mesure**).
- **Fonction métrologie** = ensemble des dispositions prises pour assurer la conformité des équipements à donner les résultats attendus.



## Actions d'une « Fonction Métrologie »

### *Organisation en 6 points*

1. **Étudier** les besoins en mesure et essais à partir des exigences et des spécifications
2. **Recenser** les moyens de mesure et d'essai dans le laboratoire (instruments et étalons)
3. **Choisir** les équipements nécessaires
4. **Vérifier** les équipements à leur réception ou à leur mise en service
5. **Raccorder** les équipements par le biais des étalons aux étalons nationaux



# Actions d'une « Fonction Métrologie »

## Organisation en 6 points

### 6. Gérer le parc d'équipements :

- Dresser la **liste** des équipements du laboratoire
- Attribuer les **responsabilités** (réception, codification, vérification, utilisation, ...)
- **Identifier** les équipements (traçabilité)
- Etablir et nommer les **documents** associés (fiches de vie, modes opératoires d'étalonnage, de vérification, trame, ...) suivant une gestion documentaire choisie
- Définir les **périodicités** d'intervention (E/V, maintenance...) sur les équipements pour garantir les résultats produits
- Prévoir les **enregistrements** associés



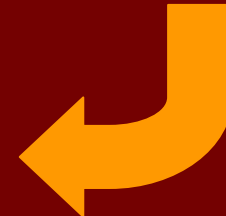
## Exemple d'application : mise en œuvre de la norme ISO 11465 dans un laboratoire

- ISO 11465 : Détermination de la teneur pondérale en matière sèche et en eau – méthode gravimétrique

### 1. Étudier les besoins en mesure et essais à partir des exigences et des spécifications

- Exigences explicitées (1) :
  - Étuve capable de maintenir une température de  $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$
  - Balance analytique d'une précision de 10 mg pour une pesée d'environ 15 g
- Exigences traduites (1) :
  - Notions d'exactitude, d'EMT et de tolérance ( $\text{EMT} = \pm 10 \text{ mg}$ )

Notions de vocabulaire



## *Vocabulaire international de métrologie (VIM – NF X 07-001)*

- **EXACTITUDE DE MESURE** : Étroitesse de l'accord entre le résultat d'un mesurage et une **valeur vraie** du mesurande. L'emploi du terme précision au lieu d'exactitude doit être évité.
- **VALEUR VRAIE** (d'une grandeur) : Valeur compatible avec la définition d'une grandeur particulière donnée. C'est une valeur que l'on obtiendrait par un mesurage parfait. Toute valeur vraie est par nature indéterminée.



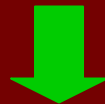
- **ERREUR MAXIMALE TOLEREE = EMT** (limites d'erreur tolérée) d'un IdM : Valeurs extrêmes d'une **erreur** tolérée par les spécifications, règlement ... et pour un IdM donné.
- **ERREUR DE MESURE** : Résultat d'un mesurage moins une valeur vraie du mesurande.





### *L'incertitude de mesure*

- La valeur mesurée n'est jamais la valeur recherchée.
- Évaluer l'intervalle, positionné par rapport à la valeur mesurée, dans lequel il est probable de la rencontrer.
- Les facteurs d'influence : c'est l'imperfection de ces différents facteurs qui conduit à l'imperfection de la mesure ou à l'*incertitude de mesure*.



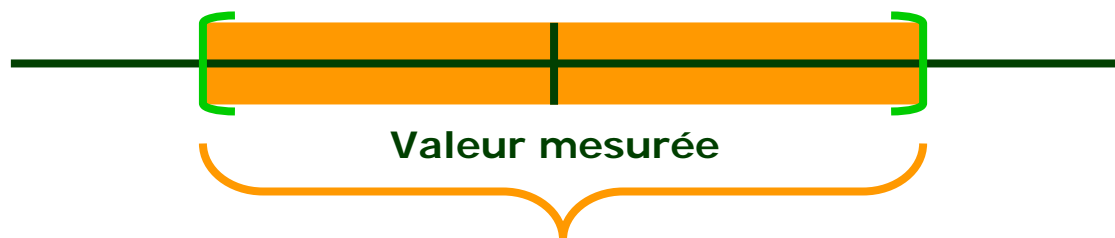
*Paramètre, associé au résultat d'un mesurage, qui caractérise la dispersion des valeurs qui pourraient raisonnablement être attribuées au mesurande.*



## *L'incertitude de mesure*

Valeur mesurée - Incertitude

Valeur mesurée + Incertitude



Valeur mesurée

Ensemble des valeurs attribuables au mesurande



- **RESOLUTION** : plus petite différence d'indication d'un dispositif afficheur qui peut être perçue de manière significative.



### *Capabilité d'un processus de mesure*

Aptitude d'un processus de mesure à vérifier la conformité d'une caractéristique à sa spécification.

#### **Coefficient de capabilité :**

Rapport entre la tolérance de la caractéristique à vérifier et l'incertitude de mesure élargie.

$$C = \frac{T}{U}$$

Diagram illustrating the formula for the Capability Coefficient ( $C$ ):

- $T$  (Tolérance) is the numerator.
- $U$  (Incertitude élargie) is the denominator, circled in orange.
- $C$  (Coefficient de capabilité) is the result.
- An arrow points from the text "L'influence des 5 M" to the denominator  $U$ .



- **REPETABILITE DES MESURAGES** : Étroitesse de l'accord entre les résultats des **mesurages** successifs du même **mesurande** effectués dans la totalité des mêmes conditions de mesure (conditions dites de répétabilité).
- **REPRODUCTIBILITE** des résultats d'un mesurage : Étroitesse de l'accord entre les résultats des mesurages d'un même mesurande, mesurages effectués en faisant varier les conditions de mesure.



*Répétabilité et reproductibilité du processus de mesurage***Répétabilité**

le même mesurande

**Reproductibilité**

Conditions identiques :

- le même appareil
- le même opérateur
- le même mode opératoire
- les mêmes conditions

Répétition sur une courte période de temps

Nombre de mesure réduit

Faire varier :

- différents appareils
- plusieurs opérateurs
- des étalons,
- les grandeurs d'influence
- les méthodes
- les lieux
- le temps

Spécifier les conditions que l'on fait varier

**Expression par la dispersion des résultats**

## Actions d'une « Fonction Métrologie »

### Organisation en 6 points

1. Étudier les besoins en mesure et essais à partir des exigences et des spécifications
2. Recenser les moyens de mesure et d'essai dans le laboratoire (instruments et étalons)
3. Choisir les équipements nécessaires
4. Vérifier les équipements à leur réception ou à leur mise en service
5. Raccorder les équipements par le biais des étalons aux étalons nationaux



## Exemple d'application

- Recenser les moyens de mesure et d'essai (instruments et étalons) (2) :
  - Etuve présente dans le laboratoire ?
  - Balance présente dans le laboratoire ?
- Analyse des spécifications des équipements :





## Exemple d'application

- Analyse des spécifications des équipements (2):
  - Définition des qualités métrologiques minimales :
    - Fidélité
    - Justesse
    - Étendue de mesure
    - Constance dans le temps
  - Conditions de fonctionnement et d'environnement :
    - Cadences,
    - Vibrations
    - Températures ...



## Actions d'une « Fonction Métrologie »

### Organisation en 6 points

1. Étudier les besoins en mesure et essais à partir des exigences et des spécifications
2. Recenser les moyens de mesure et d'essai dans le laboratoire (instruments et étalons)
3. Choisir les équipements nécessaires (capabilité, coût, SAV, ...)
4. Vérifier les équipements à leur réception ou à leur mise en service
5. **Achat de balance et étuve sur catalogue**  
Raccorder les équipements par le biais des étalons aux étalons nationaux



1 min à 99h59 min  
affichage du temps restant

*Nouveau!*

► nombreuses applications  
en agroalimentaire, chimie, traitement  
de déchets (réduction du poids à traiter)

Capabilité théorique approximative:

$(105 \pm 5)^\circ\text{C}$

$$C = \frac{5}{2} = 2,5$$

OK mais à vérifier!

Incertitude approximative  
ramenée à  $105^\circ\text{C}$

*Choix de l'étuve*

étuve UNB/ UFB, type	100	200	300	400	500
volume	14 l	32 l	39 l	53 l	108 l
stabilité à $150^\circ\text{C}$ UN/UF, $^\circ\text{C}$	$\pm 0,3$	$\pm 0,3$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5/0,4$	$\pm 0,3/0,5$
homogénéité à $150^\circ\text{C}$ UN/UF, $^\circ\text{C}$	$\pm 4,0$	$\pm 2,7$	$\pm 2,5$	$\pm 1,7/1,0$	$\pm 2,4/2,3$
poids admissible sur étagère/total, kg	10/20	15/30	12/30	30/90	30/60
LxPxH int., cm	32x17x24	40x25x32	48x25x32	40x33 <sup>(1)</sup> x40	56x40 <sup>(1)</sup> x48
LxPxH ext., cm	47x33x52	55x40x60	63x40x60	55x48x68	71x55x76
poids N/B, env. kg	20/25	28/34	30/38	35/42	50/63
puissance, W	600	1100	1200	1400	2000
alimentation 50/60 Hz, V	230	230	230	230	230
glissières pour plateaux	2	3	3	4	5
plateaux livrés en standard	1	1	1	2	2
étuve UNB à convection $220^\circ\text{C}$	C33500	C33526	C33527	C33529	C33531
HT€	624,00	685,00	748,00	807,00	1169,00
étuve UFB ventilée $220^\circ\text{C}$	-	-	-	C33532	C33533
HT€	-	-	-	1006,00	1422,00

Gamme d'utilisation :

+5 à +220  $^\circ\text{C}$

Capabilité :

$$C = \frac{T}{U} \geq 3$$

EMT

Incertitude

19



« précision de 10 mg »

## Exemple d'application

Précision de lecture

≠ exactitude ou  
« précision »

= résolution !!!

Capacité théorique approximative :

$$C = T/U = 10 / 4,5 = 2,2 \leq 3$$

Incertitude approximative

## Choix de la balance

étendue de pesée	1 60 g	1 120 g	1 210 g	2 150 g	2 310 g	3 210 g
précision de lecture	0,1 mg	0,1 mg	0,1 mg	1 mg	1 mg	10 mg
reproductibilité, mg	± 0,1	± 0,1	± 0,1	± 1,5	± 3	± 10
linéarité, mg	± 0,2	± 0,2	± 0,2	± 3	± 3	± 20
plateau L x Ø mm	Ø 90	Ø 90	Ø 90	Ø 100	Ø 100	Ø 116
balance analytique Talent	C18090	C18089	C18084	C18092	C18091	C18097
HTE	1740,00	1990,00	2240,00	1290,00	1690,00	640,00
Ⓛ poids de calibrage	C23065	C23066	C23067	C23080	C23081	C23067
HTE	89,70	115,00	140,00	62,60	77,90	140,00

Composantes de  
l'incertitude (U)

OK mais à vérifier!



## Actions d'une « Fonction Métrologie »

### *Organisation en 6 points*

1. Étudier les besoins en mesure et essais à partir des exigences et des spécifications
2. Recenser les moyens de mesure et d'essai dans le laboratoire (instruments et étalons)
3. Choisir les équipements nécessaires
4. **Vérifier** les équipements à leur réception ou à leur mise en service
5. Raccorder les équipements par le biais des étalons aux étalons nationaux



La **vérification** d'un équipement nécessite le recours à un **étalon** approprié

- **ETALON** : « Mesure matérialisée, appareil de mesure, matériau de référence ou système de mesure destiné à définir, réaliser, conserver ou reproduire une unité ou une ou plusieurs valeurs d'une grandeur pour servir de référence »



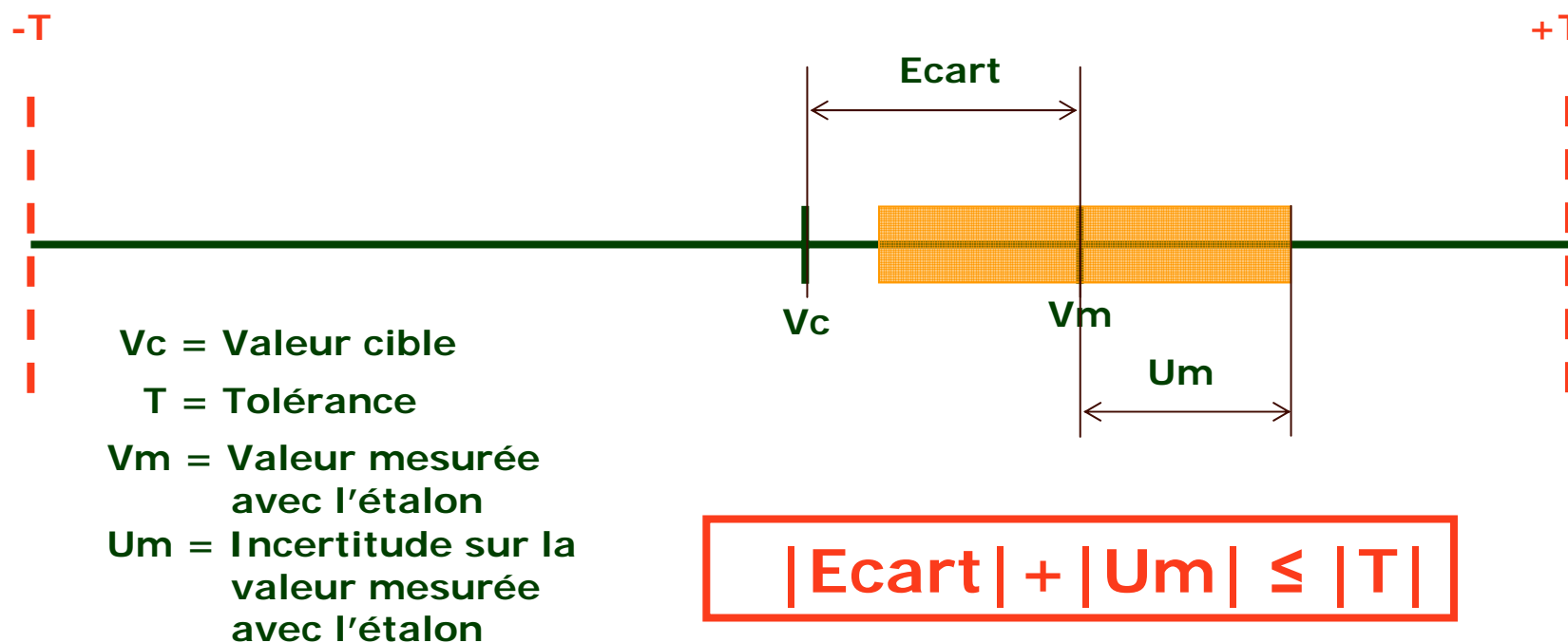
- **ETALONNAGE** : Ensemble des opérations établissant dans des conditions spécifiées, la relation entre les valeurs de la grandeur indiquées par un appareil de mesure ou un système de mesure ou les valeurs représentées par une mesure matérialisée, et les valeurs correspondantes de la grandeur réalisée par des étalons.
- A l'issue d'un étalonnage, un **certificat d'étalonnage (CE)** est délivré au client. L'ensemble des données du CE sont nécessaires pour effectuer les vérifications internes.



- **VERIFICATION** : Confirmation par examen et établissement des preuves que les exigences spécifiées ont été satisfaites.
- A l'issue d'une vérification, un **constat de vérification** statue sur la **conformité** de l'équipement par rapport à l'utilisation envisagée.







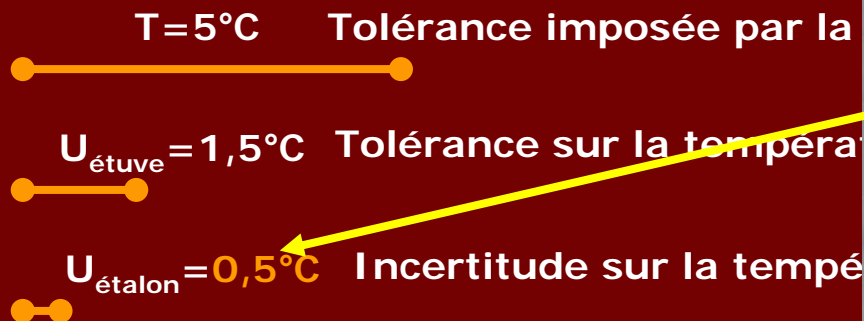
## Vérification

Choix de l'étalon qui va nous permettre

Étendue de mesure nécessaire :

Encadrant la valeur cible ( $105^{\circ}\text{C}$ )

Capabilité nécessaire :



thermomètre Pt100

- $-100$  à  $+800^{\circ}\text{C}$ ,  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$
- Température  $-100$  à  $+800^{\circ}\text{C}$
- Résolution  $0,1^{\circ}\text{C}$  jusqu'à  $200^{\circ}\text{C}$   
 $1^{\circ}\text{C}$  au-delà
- Précision  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$  de  $-100$  à  $+200^{\circ}\text{C}$   
 $\pm 0,2\%$  au-delà

A compléter par une sonde Pt100.

thermomètre	800°C
C62872	213,00
sonde Pt100, -50/+400°C	
Ø 4 x 110 mm	
C62885 pénétration	79,20
C62887 surface	103,00
C62890 air/gaz	87,70
étui anti choc Topsafe	
C62950	28,30

thermomètre Pt100 ATEX

- $-50$  à  $+400^{\circ}\text{C}$ ,  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$
- protection ATEX 1757X
- Température  $-50$  à  $+400^{\circ}\text{C}$
- Résolution  $0,1^{\circ}\text{C}$  jusqu'à  $200^{\circ}\text{C}$   
 $1^{\circ}\text{C}$  au-delà
- Précision  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$  de  $-50$  à  $+200^{\circ}\text{C}$   
 $\pm 0,2\%$  au-delà

Pour mesure dans les zones à risques ATEX 1757X.  
A compléter par une sonde Pt100.

thermomètre Pt100 ATEX	
C63089	508,00
sonde Pt100, ATEX -50/+400°C	
Ø 4 x 110 mm	
C63090 pénétration/immersion	102,00
C63091 contact	134,00
étui cuir	
C63092	45,60

**OK !**

Commande : CACD080202240  
Dossier : 039628

## CERTIFICAT D'ETALONNAGE

CALIBRATION CERTIFICAT

DELIVRE A :  
ISSUED FOR :

CIRAD AMIS AGRONOMIE ANAL SOLS  
M. BABRE D.  
Av AGROPOLIS  
34000 MONTPELLIER

INSTRUMENT ETALONNE  
CALIBRATED INSTRUMENT

Désignation :  
Designation :

Chaîne de mesure de température

Constructeur :  
Manufacturer :

TESTO

Type :  
Type :

925

N° de série : 1524  
serial number :

Ce certificat comprend 4  
This certificat includes pages

pages

Date d'émission : 25/02/02  
date of issue :

OPERATION REALISEE PAR  
OPERATION COMPLETED BY

Mlle MEY Céline

LE RESPONSABLE DU SM  
THE HEAD OF THE SM

Mr BOHN J-Paul

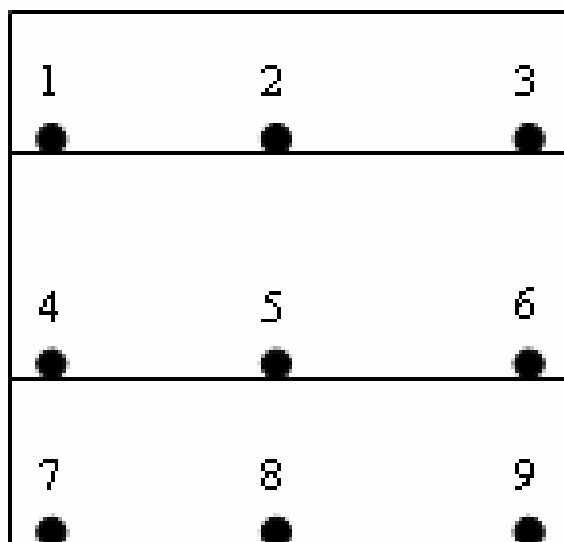
La reproduction de ce certificat n'est autorisée que sous forme de fac-similé photographique intégral.  
This certificat may not be reproduced other than in full by photographic process.

# Étuve

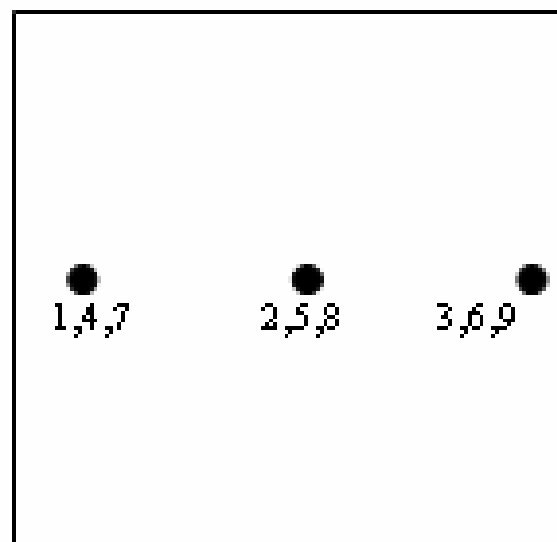


### *Principe de vérification de l'étuve :*

Mesure de la température au moyen de la sonde étalon en 9 points



Vue de face



Vue de dessus



# VERIFICATION des APPAREILS CHAUFFANTS , REFRIGERANTS , ET DE MESURE DE TEMPERATURE

## Données provenant du certificat d'étalonnage

### SONDE de VERIFICATION :

Marque :	TES TO-925	Code :	ETUV-279	Emplacement :	BUREAU 12	Var (Ecart Sonde):	0,05	Var (Répétabilité):	0,30
Température de consigne (T°C):	105	Tolérance (+/- T°C):	5,00						
EQUIPEMENT	Temp de REF (°C)	Temp MESURE (°C)	ECART de mesure (+ ou - (°C))	INCERTITUDE de MESURE (°C)	OBSERVATIONS	TMmin (°C)	20,4	TMmax (°C)	106
Nature : Sonde TES TO 925	-24,8	-23,7	1,1	0,5	INCERT: +/- 2 sigma	En li (°C)	0,4	En ax (°C)	0,5
Code Labo: ETUV-00279	0,0	0,3	0,3	0,5	INCERT: +/- 2 sigma	En li (°C)	0,5	En ax (°C)	0,5
Certificat: AVANTEC-039628	20,0	20,4	0,4	0,5	INCERT: +/- 2 sigma	En li (°C)	0,5	En ax (°C)	0,5
	105,5	106,0	0,5	0,5	INCERT: +/- 2 sigma	En li (°C)	0,5	En ax (°C)	0,5
	359,8	361	1	1,6	INCERT: +/- 2 sigma				
	453,2	450	-4	2,0	INCERT: +/- 2 sigma				
	892,5	901	9	5,0	INCERT: +/- 2 sigma				

ENREGISTREMENT :

APPAREIL :

Nature : ETUVE  
Marque : MEMMERT  
Modèle : ETUV-00104  
Emplacement : Cellule 09

Code enregistrement :

V1040601

Localisation Réseau : B3/Ecole d'été 2006/VV1040601.xls/Vérification 105 °C

RESULTATS :

CONFORME

OBSERVATIONS :

ETUVE POUR MS

Date :

05/04/2006

Vérificateur :

GOUZY J

Visa :

Capabilité réelle (≥ 3):  
OK

### ESSAI N°1

Température de CONSIGNÉ (TCA)  
Affichée sur l'appareil (°C)

MOLETTE 100

Température MOYENNE  
Lire sur l'appareil (TML °C)

DIGITAL 104

ETAGERES	TEMPERATURES MESUREES (TM °C)			TEMP REELLE MOYENNE TR = TM-ES (°C)	INCERTITUDE ITR +/- °C	RESULTAT Vérification  ITR  +  Ecart  <=  T	Capabilité Etuve Cp = T / ITR	Résultat CAPABILITE Etuve
ARRIERE / HAUT	104,8	104,7	104,6	104,20	1,22	CONFORME	4,1	OK
MILIEU								
AVANT / BAS	104,2	104,1	104,2	103,67	1,21	CONFORME	4,1	OK
SONDE	T.R.G			103,94				

RESULTAT GLOBAL :

CONFORME

OBSERVATION SUR ESSAI N°1

ATTENTION AFFICHAGE

### ESSAI N°2

Température de CONSIGNÉ (TCA)  
Affichée sur l'appareil (°C)

Température MOYENNE  
Lire sur l'appareil (TML °C)

	RESULTAT Vérification  ITR  +  Ecart  <=  T	Capabilité Etuve Cp = T / ITR	Résultat CAPABILITE Etuve
BAS			
T.R.G			

RESULTAT GLOBAL :

PAS DE 2° ESSAI

OBSERVATION SUR ESSAI N°2

$$|Ecart| + |Um| \leq |T|$$

$$1.33 + 1.21 = 2.54 < 5$$





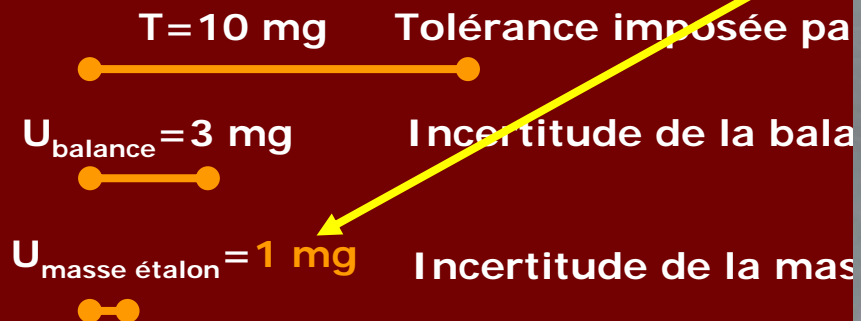
## Vérification

Choix de l'étalon qui va nous p

Étendue de mesure nécessaire

Encadrant la valeur cible (15 g)

Capabilité nécessaire :



G. Calchera et D.Babre - La fonction métrologie

**poids en coffret individuel**

- ▶ classes de précision M1, F1 ou E2
- ▶ étalonnage certifié COFRAC
- ▶ livré en coffret

Les poids certifiés sont livrés avec certificat conformes ISO et BPL, avec n° d'identification, la masse conventionnelle du poids, donnée à 5 décimales.

**classe M1** : Inox. Monobloc de 1 à 50 g, nickelé. Cavité d'ajustage de 100 g à 10 kg.

**classe F1** : Acier inox non magnétique, po Monobloc de 1 à 20 g. Cavité d'ajustage de 10 kg.

**classe E2** : Acier inox non magnétique, po monobloc.

**dotation standard**

1 à 200 g : écrin plastique.  
500 g à 2 kg : coffret bois.  
5 kg et 10 kg : valise polypropylène.

**BPL** choisir un poids de tolérance inférieure ou égale à la précision de la balance à calibrer

**!** les poids de calibrage sont identiques pour leur traçabilité, ils ne sont ni repris ni échangés

poids	1 g	2 g	5 g	10 g	20 g	50 g	100 g
tolérance M1, mg	±1,0	±1,2	±1,5	±2,0	±2,5	±3,0	±5,0
tolérance F1, mg	±0,1	±0,12	±0,15	±0,20	±0,25	±0,30	±0,50
tolérance E2, mg	±0,03	±0,04	±0,05	±0,06	±0,08	±0,10	±0,15
poids classe M1	C23088	C23089	C23090	C23091	C23092	C23093	C23094
HTe	13,20			13,30	14,10	16,00	18,40
poids M1 certifié	C23116			C23119	C23120	C23121	C23122
HTe	47,80			48,80	49,60	51,60	53,90
poids classe F1	C23074			C23077	C23078	C23079	C23080
HTe	34,60	36,40	39,30	44,40	46,20	51,80	62,60
poids F1 certifié	C23129	C23130	C23131	C23132	C23133	C23134	C23135
HTe	79,00	80,80	83,70	88,80	90,60	96,20	107,00
poids classe E2	C23060	C23061	C23062	C23063	C23064	C23065	C23066
HTe	64,40	68,90	71,60	75,20	77,90	89,70	115,00
poids E2 certifié	C23872	C23873	C23874	C23875	C23876	C23877	C23878
HTe	136,00	140,00	143,00	147,00	149,00	161,00	203,00
coffret bois vide pour	1 g	2 g	5 g	10 g	20 g	50 g	100 g
poids classe M1	C23850	C23851	C23852	C23853	C23854	C23855	C23856
HTe	57,70	57,70	57,70	57,70	57,70	57,70	65,00
poids classe F1, E2	C23850	C23851	C23852	C23853	C23854	C23855	C23856
HTe	57,70	57,70	57,70	57,70	57,70	57,70	65,00

**OK !**

246 • balance accessoires

facultatif obligatoire pièce de

**CERTIFICAT D'ÉTALONNAGE**  
CALIBRATION CERTIFICATE  
**N° Z99 1537**

DÉLIVRÉ A :  
ISSUED TO  
**CIRAD-FORET**  
**Maison Technologie**  
**73, rue J.F. Breton**  
**34032 MONTPELLIER**  
**FRANCE**

**INSTRUMENT ÉTALONNÉ**  
CALIBRATED INSTRUMENT

Désignation : **Poids de 50g**  
Designation 50g weight

Constructeur : **ZWIEBEL**  
Manufacturer


Type : **XPCOF1**  
Type

N° de série : **( PRO0034 )**  
Serial number

Ce certificat comprend 3 pages  
This certificate consists of 3 pages

Date d'émission : **23 mars 1999**  
Date of issue

LE RESPONSABLE DU SMH  
THE HEAD OF SMH

  
J. ESCORIZA

LA REPRODUCTION DE CE CERTIFICAT N'EST AUTORISÉE QUE  
SOUS LA FORME DE FAC-SIMILÉ PHOTOGRAPHIQUE INTÉGRAL  
THIS CERTIFICATE MAY NOT BE REPRODUCED OTHER THAN IN FULL BY PHOTOGRAPHIC PROCESS

# Balance



## Balance



PM 100 Mettler

 $m = 100 \text{ g}$  $m = 50 \text{ g}$  $m = 1 \text{ g}$ 

masses nominales

Portée = 110 g  
 $d = 0.001$   
 $e = 0.01$



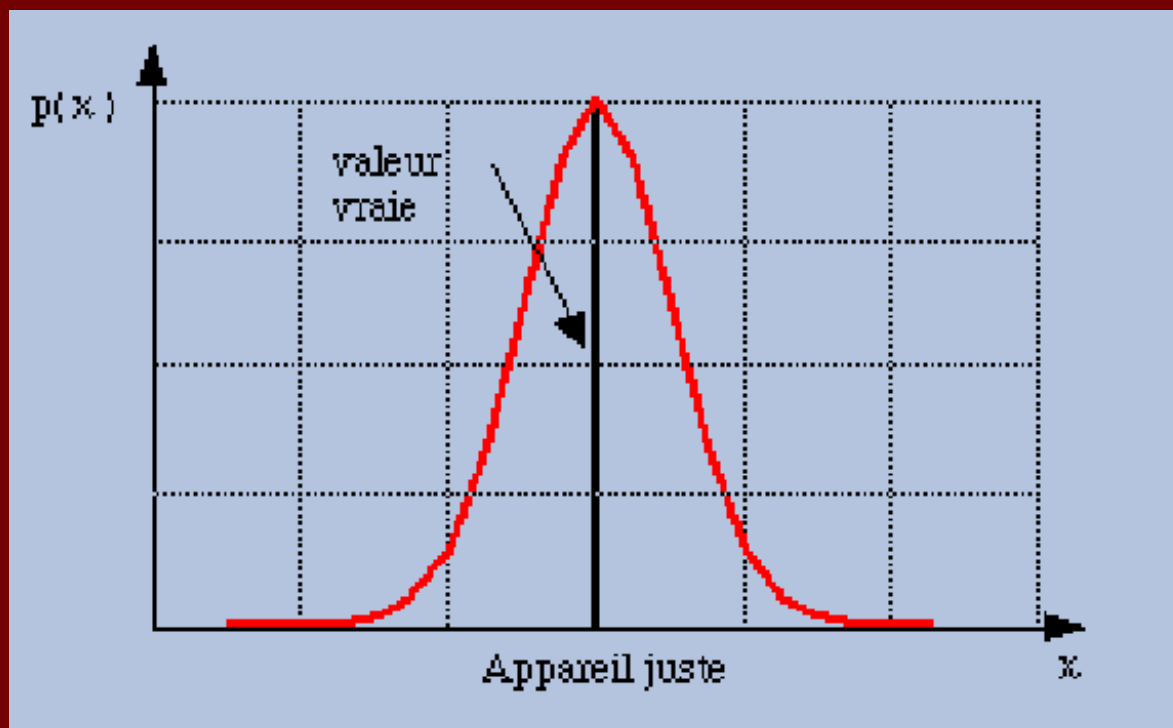


### *Protocole*

La vérification comprend 4 tests :

- **Justesse** : 6 mesures sont faites pour chaque masse étalon sans faire le zéro entre les 6 mesures différentes de la même masse.





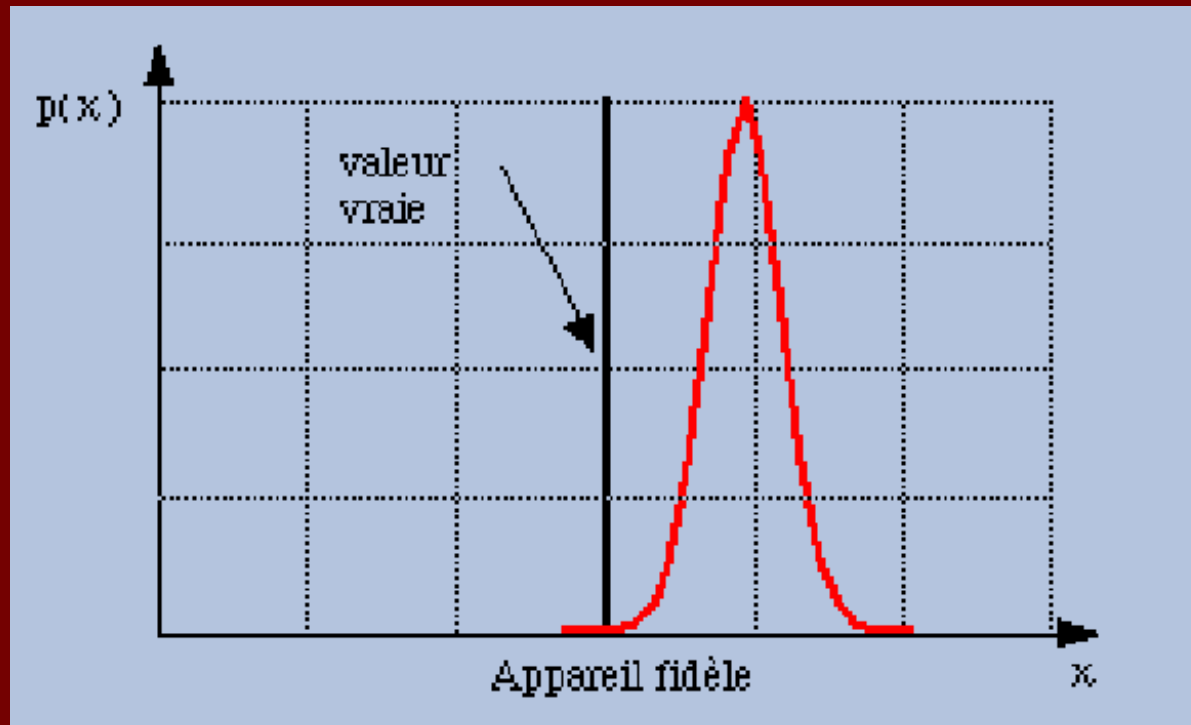
Un IdM est d'autant plus **juste** que la **valeur moyenne** est proche de la **valeur vraie**.

### Protocole

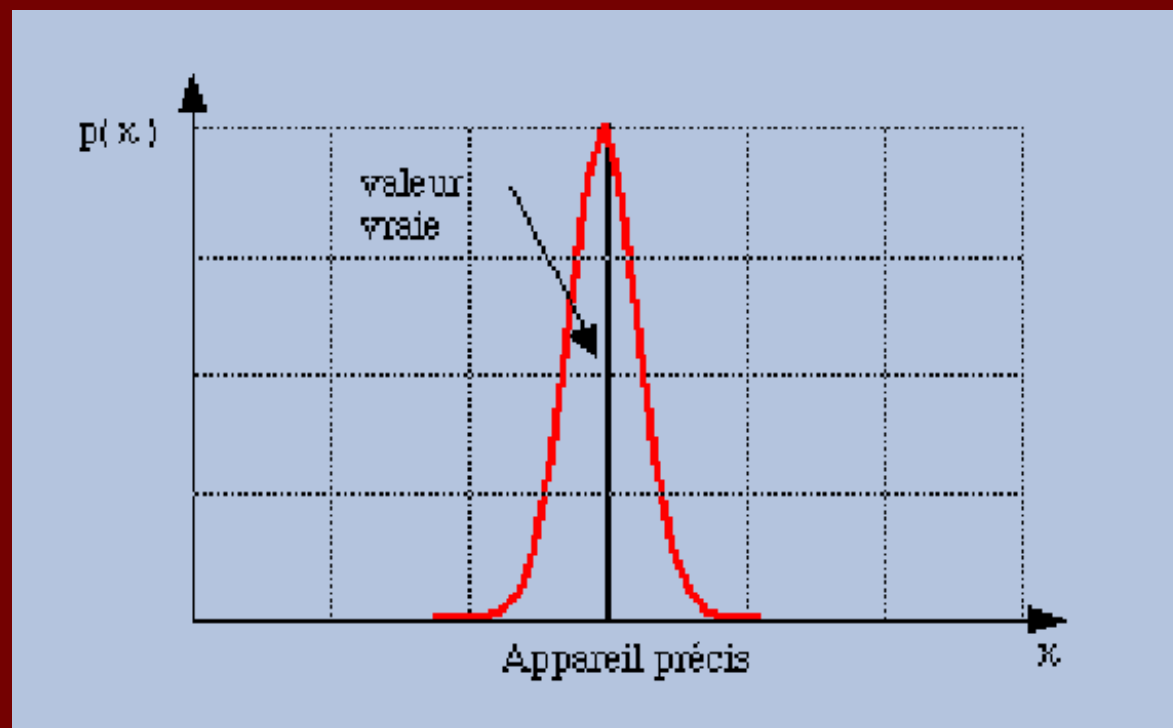
La vérification comprend 4 tests :

- **Justesse** : 6 mesures sont faites pour chaque masse étalon sans faire le zéro entre les 6 mesures différentes de la même masse.
- **Fidélité** : 6 mesures sont faites pour chaque masse étalon en faisant le zéro entre les 6 mesures différentes de la même masse, et entre les différentes masses étalons.





La **fidélité** est la qualité d'un appareillage de mesure dont les erreurs sont faibles. L'**écart-type** est souvent considéré comme l'erreur de fidélité.



Un appareil **exact** est à la fois **fidèle** et **juste**.

### Protocole

La vérification comprend 4 tests :

- **Justesse** : 6 mesures sont faites pour chaque masse étalon sans faire le zéro entre les 6 mesures différentes de la même masse.
- **Fidélité** : 6 mesures sont faites pour chaque masse étalon en faisant le zéro entre les 6 mesures différentes de la même masse, et entre les différentes masses étalons.
- **Linéarité** : Réaliser une série de mesures croissantes, puis décroissantes au moyen de masses étalons, sans faire le zéro entre les mesures.



### Protocole

- **Excentration** : La masse d'environ  $1/3$  de la portée maximum de la balance est utilisée :



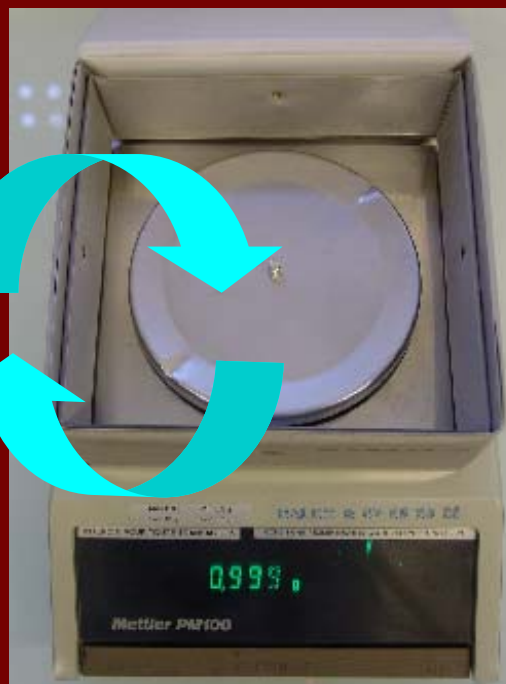
- Procéder à la tare de la balance,
- Positionner la masse choisie (50 g) au centre du plateau (point 1) et tarer à nouveau la balance,
- Réaliser 4 mesures correspondant aux points 2, 3, 4 et 5 du plateau circulaire sans tarer au centre entre 2 mesures excentrées.

*Feuille de calcul*

Justesse :											
Masse (g)	Lecture 1 (g)	Lecture 2 (g)	Lecture 3 (g)	Lecture 4 (g)	Lecture 5 (g)	Lecture 6 (g)	Moyenne VI (g)	VCV des masses étalons (g)	Ej (mg)	Ej  (mg)	Erreur maximale de justesse (mg)
1.000	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000040	0.2	0.2	1.0
50.000	50.000	50.000	50.000	50.001	50.000	50.000	50.000	50.000110	-0.1	0.1	
100.000	100.001	100.001	100.001	100.001	100.001	100.002	100.001	100.000160	-1.0	1.0	

6 mesures

1, 50 et 100 g



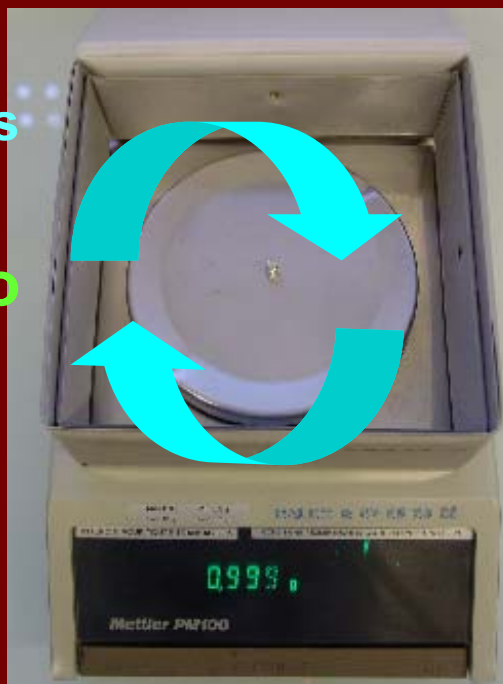


## Feuille de calcul

Fidélité :											
Masse (g)	Lecture 1 (g)	Lecture 2 (g)	Lecture 3 (g)	Lecture 4 (g)	Lecture 5 (g)	Lecture 6 (g)	Moyenne VI (g)	VCV des masses étalons (g)	Ef (mg)	Ef  (mg)	Erreur maximale de fidélité (mg)
1.000	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000040	0.2	0.2	
50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000110	0.1	0.1	1.2
100.000	100.001	100.002	100.001	100.001	100.001	100.002	100.001	100.000160	-1.2	1.2	

6 mesures

1, 50 et 100 g zéro



*Feuille de calcul*

Linéarité :					
Masse (g)	Mesures croissantes (g)	Mesures décroissantes (g)	Ecart (mg)	Ecart   (mg)	Ecart maxi. (mg)
1.000	1.000	1.000	0.0	0.0	1.0
50.000	50.000	50.001	-1.0	1.0	
100.000	100.001	100.001	0.0	0.0	

Excentration :						
Masse (g)	Lecture 1 (g)	Lecture 2 (g)	Lecture 3 (g)	Lecture 4 (g)	Lecture 5 (g)	Erreur moyenne (mg)
50.000	0.000	-0.001	0.001	0.001	-0.001	0.8



**Résultats :**• **Capabilité :**

$$C_p = \frac{T_s - T_i}{2 \times U}$$

EMT donnée par la norme

$$\text{EMT} = 2 \times T = 20 \text{ mg}$$

Pour l'ISO 11465

$$C_p = \frac{0,02}{2 \times 2,6 \cdot 10^{-3}} = 3,9 \geq 3$$

OK

Incertitude de la balance  
provenant de la vérification• **Conformité :**

$$|\text{Ecart}| + |\text{Um}| \leq |T|$$

$$0.1 + 2.6 = 2.7 < 10 \text{ mg}$$

**CONFORME**

## Actions d'une « Fonction Métrologie »

### *Organisation en 6 points*

1. Étudier les besoins en mesure et essais à partir des exigences et des spécifications
2. Recenser les moyens de mesure et d'essai dans le laboratoire (instruments et étalons)
3. Choisir les équipements nécessaires
4. Vérifier les équipements à leur réception ou à leur mise en service
5. **Raccorder** les équipements par le biais des étalons aux étalons nationaux



## Raccorder les équipements par le biais des étalons aux étalons nationaux

- Il est indispensable que le laboratoire, s'il veut vérifier lui-même ses équipements, **possède** des **étalons** de référence et les fasse comparer à des références nationales (ou internationales), par le biais des laboratoires d'étalonnage.
- Le bon choix de la **périodicité** du raccordement est primordial puisqu'une erreur commise sur un étalon peut avoir des conséquences beaucoup plus importantes que celle commise sur un équipement.
- Le raccordement est la **base** de la métrologie, il permet d'assurer la cohérence des résultats des mesures.



# Raccorder les équipements par le biais des étalons aux étalons nationaux

maillons

étalon SI

étalon labo 1

étalon labo 2..

instrument de  
mesure

incertitudes



## Raccorder les équipements par le biais des étalons aux étalons nationaux



### Application à l'étuve

#### Certificat

- correction = - écart (= - 0.5°C)  
(Ecart =  $t^{\circ}$  mesurée -  $t^{\circ}$  réelle)
- incertitude sur la correction (=  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ )



#### VERIFICATION

104.2  $\pm$  1.2°C







## Actions d'une « Fonction Métrologie »

### Organisation en 6 points

#### 6. Gérer le parc d'équipements :

- Dresser la **liste** des équipements du laboratoire
- Attribuer les **responsabilités** (réception, codification, vérification, utilisation, ...)
- **Identifier** les équipements (traçabilité)
- Etablir et nommer les **documents** associés (fiches de vie, modes opératoires d'étalonnage, de vérification, trame, ...) suivant une gestion documentaire choisie
- Définir les **périodicités** d'intervention (E/V, maintenance...) sur les équipements pour garantir les résultats produits
- Prévoir les **enregistrements** associés



# Gérer le parc d'équipements

## *Dresser la liste des équipements du laboratoire*

LI\_EMV\_démo (Aperçu) - Microsoft Word

Fichier Edition Affichage Insertion Format Outils Tableau Fenêtre ? Tapez une question

75% Fermer

**CIRAD**  
AMIS  
US43 Analyse  
Montpellier

**Liste des EQUIPEMENTS  
soumis à  
ETALONNAGE ou VERIFICATION**

E= Etalonnage; V= Vérification

Equipement	Local	Code Labo	Type d'intervention		Périodicité	Instruction de référence	Observations
			E	V			
Balance METTLER PM 100	Labo 29	BALA-15		V	2 mois	lvf002	
Masse certifiée 50g	Bureau 12	MASS-12	E		3 ans	*	* Etalonnage par organisme externe
Etuve MEMMERT 500	Labo 06	ETUV-104		V	6 mois	lvf006	
Sonde de température certifiée TESTO 925	Bureau 12	THER-279	E		3 ans	*	* Etalonnage par organisme externe

Mise à jour: 07/08/06 - J:\ISO\_9001\_2000\Supports\Maitr\_ECME\Enregistrements\li\_emv.doc Page 1 / 1

Page 1 Sec 1 1/1 À 0,6 cm Li 1 Col 1 [ENR] [REV] [EXT] [RFP] Français (Fr)

démarrer Températures Courrier en... Microsoft P... LI\_EMV\_dé... Document3 ... Microsoft E... FR 10:04



## Gérer le parc d'équipements

### *Attribuer les responsabilités*

#### QUOI?

**IDENTIFIER les besoins**

**RECENSER les moyens**

**CHOISIR les équipements**

**VERIFIER les équipements**

**RACCORDER les  
équipements**

**GERER les équipements**

#### QUI?

Utilisateurs, responsable métrologie

Responsable qualité, responsable  
métrologie

Responsable métrologie

Personnel qualifié

Responsable métrologie

Responsable qualité, responsable  
métrologie



## Gérer le parc d'équipements

### *Identifier les équipements*

- Chaque instrument est identifié par un numéro indélébile (si possible gravé), matricule individuel et unique destiné à lui associer sans risque de confusion tous les documents qui lui sont relatifs.
- Les documents porteront ce numéro d'identification.

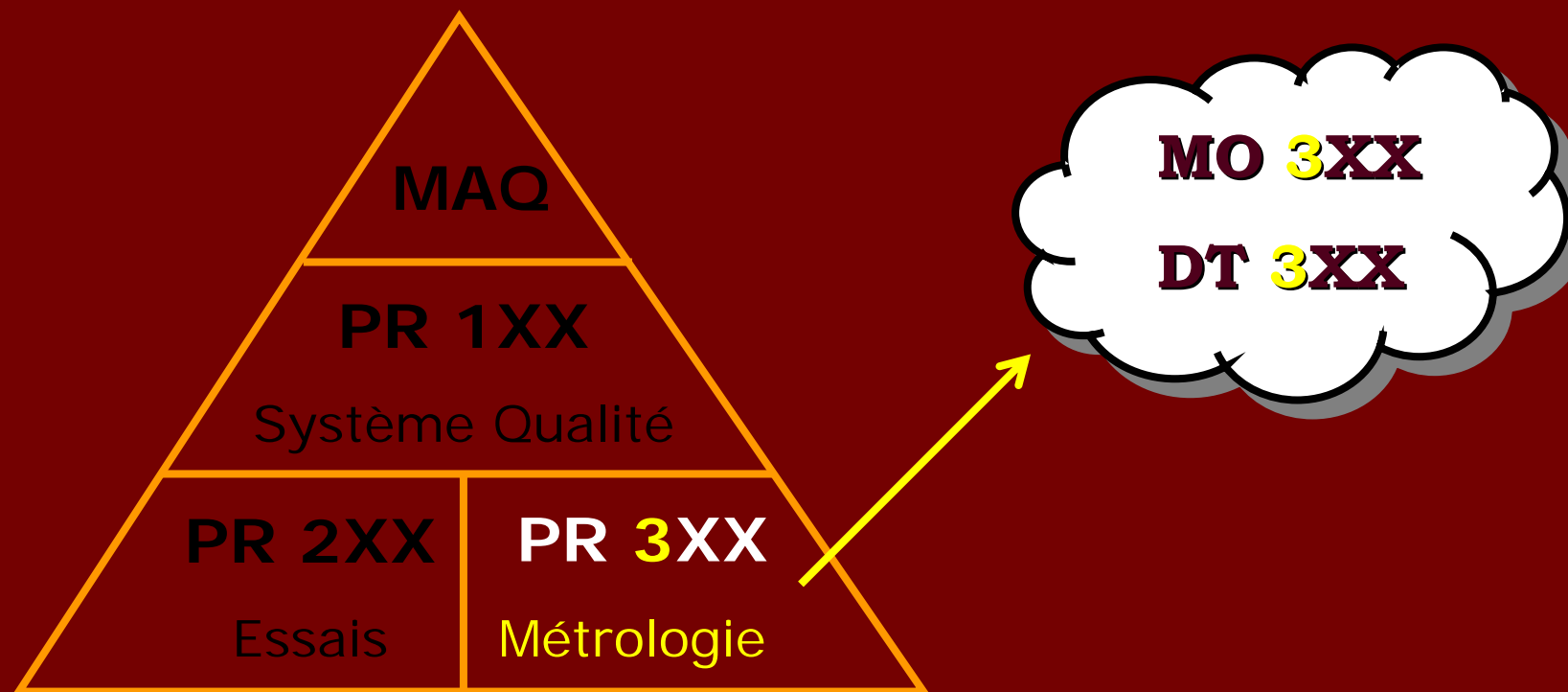


## Gérer le parc d'équipements



## Gérer le parc d'équipements

*Etablir et nommer les documents associés à l'équipement*



## Documentation associée à l'équipement

Fiche technique

Instruction  
d'utilisation

Fiche de vie

Mode opératoire de  
vérification

Document type pour  
réaliser la vérification





PIED 62

4  
8  
20





## Documentation associée à l'équipement

Fiche technique

Instruction  
d'utilisation

Fiche de vie

Mode opératoire de  
vérification

Document type pour  
réaliser la vérification

- Carte d'identité de l'IdM
- Localisation
- Spécifications techniques
- Conditions de stockage et d'utilisations particulières





## FICHE TECHNIQUE

Parc de matériels - Laboratoire de Préservation

Page : 1/1

N° de PARC :	<b>PIED 62</b>	Désignation :	<b>Pied à coulisse</b>	Localisation :	<b>Menuiserie</b>
--------------	----------------	---------------	------------------------	----------------	-------------------

Fabricant : MITUTOYO  
 Fournisseur : RADISPARES  
 Numéro de code : CD-20DC  
 Numéro de modèle : 500-162U  
 Numéro de série : 02063729

Date de réception : 04 12 03  
 Date de mise en service : 20 01 04

Conditions d'environnement : Conditions ambiantes

Utilisation : Mesure de côtes sur éprouvettes de bois

Caractéristiques techniques :

Etendue de mesure : 200mm

Résolution : 0,01 mm

Erreur de mesure :  $\pm 0,02$  mm

Répétabilité : 0,01 mm

Vitesse de déplacement maximale : Pas appliquée (pas d'erreur de comptage due à la vitesse)

Alimentation : Pile type SR44

Durée de la pile : 3 à 5 ans en utilisation normale

Température de stockage : -10 à 60°C

Température d'utilisation : 0 à 40°C

## DOCUMENTATION DISPONIBLE

Bon de commande	Bon de réception	Documentation technique	Instructions d'utilisation	Mode opératoire de vérification	Fiche de vie	Rapport d'intervention
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Périodicité de vérifications :	Interne :	6 Mois ( $\pm 1$ mois)
	Externe :	- Mois ( $\pm$ - mois)

**Responsable :** RAQ ou IM (voir la liste des appareils)

DT300-04

équipement



## Documentation associée à l'équipement

Fiche technique

Instruction  
d'utilisation

Fiche de vie

Mode opératoire de  
vérification

Document type pour  
réaliser la vérification

- Personnel habilité
- Utilisation (normes, essais...)
- Précautions d'utilisation (mode d'emploi, emplacement, configuration...)
- Mode d'utilisation (manuel, interfacé...)
- Maintenance (nettoyage avant utilisation...)





TRAME INFORMATIQUE: K:\Météologie\Instructions d'utilisation\IU302-02 (Pied à coulisse).doc

## SOMMAIRE

1	Précautions d'utilisation .....	2
2	Réglage de l'origine.....	2
3	Mode d'utilisation.....	2
4	Maintenance.....	2
5	Messages d'erreur.....	2

COPIE

REDACTION (date, visa)	VERIFICATION (date, visa)	APPROBATION (date, visa)
le 26/07/02 <i>[Signature]</i>	le 30.07.02 le Rap <i>[Signature]</i>	le 30/07/02 le RE <i>[Signature]</i>

DT301-02



## Documentation associée à l'équipement

Fiche technique

Instruction  
d'utilisation

Fiche de vie

Mode opératoire de  
vérification

Document type pour  
réaliser la vérification

- Périodicité des vérifications internes et externes
- Maintenance
- Observations
- Fiche d'anomalie



## Documentation associée à l'équipement

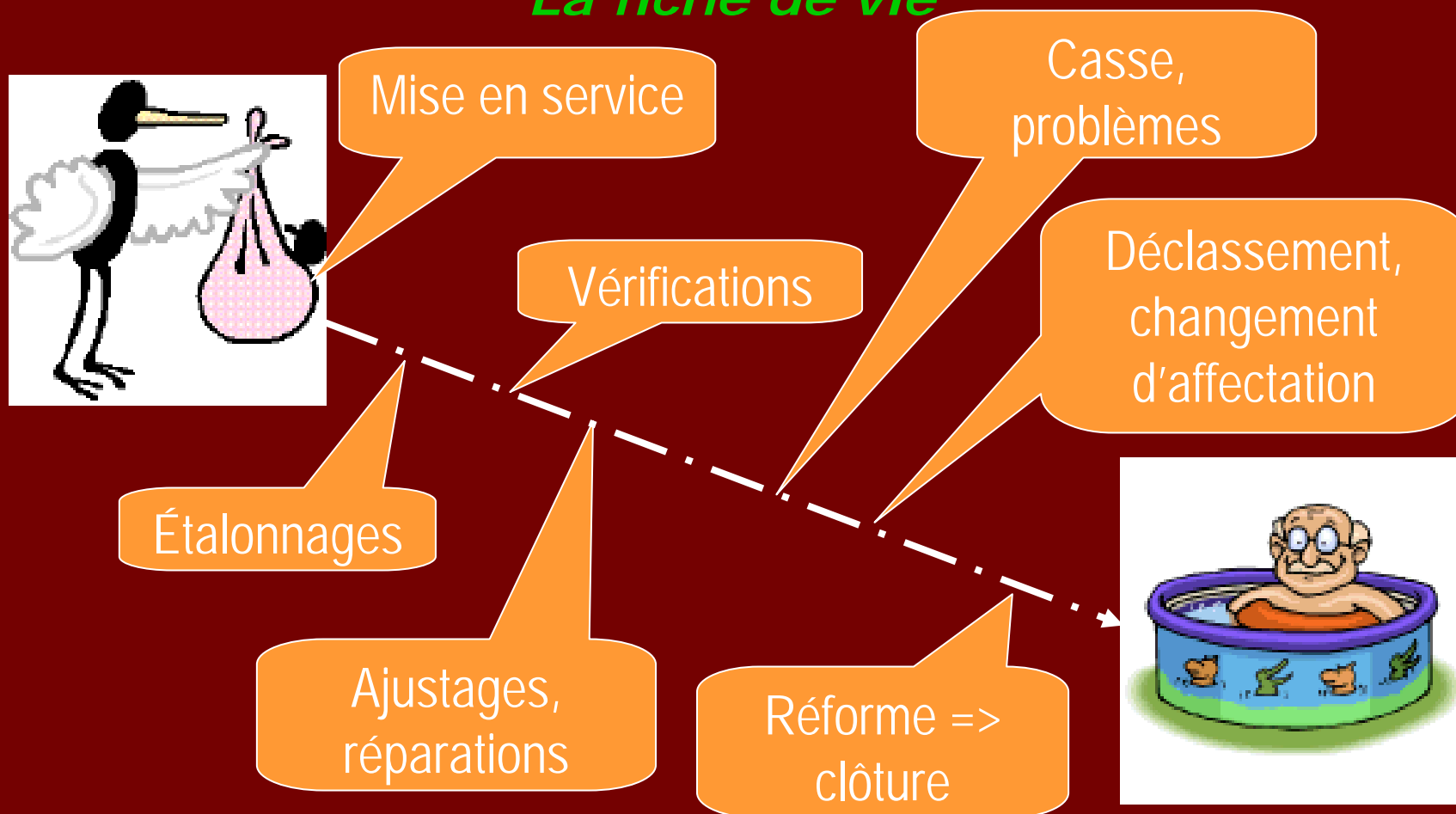
### *La fiche de vie*

- Permet à une entreprise de suivre l'évolution dans le temps de ses appareils et de consigner la nature et le résultat des différentes interventions (étalonnage, vérification, entretien ou réparation).
- Carte d'identité de l'équipement :
  - Nom de l'instrument, n° d'identification
  - Réf. du fournisseur, date d'achat (prix?)
  - Réf. de la procédure d'étalonnage, vérification
  - Toutes interventions métrologiques
  - Toutes opérations de maintenance
  - Aptitude au service
  - Localisation ...



# Documentation associée à l'équipement

## La fiche de vie







## FICHE DE VIE

Parc de matériels - Laboratoire de Préservation

Page : 1/1

N° de PARC :

PIED 62

Désignation :

### Pied à coulisse Digimatic

Localisation :

## Menuiserie

**VERIFICATIONS INTERNES** (Périodicité : 6 Mois  $\pm$  1 Mois)

Date	Agent	Observation / n° fiche d'anomalie	Date rapport d'intervention	Conformité (o / n)
03/02/04	RAQ	Vérification - PIED 62 - 040203.x1s	03/02/04	oui
05/05/04	RAQ	Vérification - PIED 62 - 040203.x1s	05/05/04	oui
23/02/05	RAQ	Vérification - PIED 62 - 050203.x1s	23/02/05	oui
11/07/05	RAQ	Vérification - PIED 62 - 050811.x1s	11/06/05	oui
14/02/06	RAQ	Vérification - PIED 62 - 060214.x1s	14/02/06	oui
02/08/06	IT	Vérification - PIED 62 - 060802.x1s	02/08/06	oui

## MAINTENANCE

[illegible]



## Documentation associée à l'équipement

Fiche technique

Instruction  
d'utilisation

Fiche de vie

Mode opératoire de  
vérification

Document type pour  
réaliser la vérification

- Personnel habilité
- Périodicité de vérification
- Condition de mesure
- Opérations préalables
- Protocole de vérification
- Enregistrements





IU 302

Pied à coulisse Digimatic

Version 02

TRAME INFORMATIQUE: K:\Métrologie\Instructions d'utilisation\IU302-02 (Pied à coulisse).doc

## SOMMAIRE

1	Précautions d'utilisation .....	2
2	Réglage de l'origine.....	2
3	Mode d'utilisation.....	2
4	Maintenance.....	2
5	Messages d'erreur.....	2

COPIE

REDACTION (date, visa)	VERIFICATION (date, visa)	APPROBATION (date, visa)
le 20/07/02 <i>[Signature]</i>	le 30.07.02 le Rap <i>[Signature]</i>	le 30/07/02 le RE <i>[Signature]</i>

DT301-0



## Documentation associée à l'équipement

Fiche technique

Instruction  
d'utilisation

Fiche de vie

Mode opératoire de  
vérification

Document type pour  
réaliser la vérification

- Ex : feuille de calcul Excel



Date du rapport : 02-août-06

Date de l'étalonnage : 02-août-06

Cale	Dimension	N° certificat	Date certificat
ETACAL2b	1,00	04CE5977	25/04/2004
ETACAL3b	5,00	04CE5978	25/04/2004
ETACAL4b	30,00	04CE5975	25/04/2004
ETACAL5b	200,00	04CE5999	27/04/2004

Conditions de mesures : salle 121

21,30 Température dans la salle 121

64,30 Humidité dans la salle 121

Ta\_T\_salle 22,00 Tolérance supérieure de la température dans la salle

Ti\_T\_salle 18,00 Tolérance inférieure de la température dans la salle

Ta\_H\_salle 70,00 Tolérance supérieure de l'humidité dans la salle

Ti\_H\_salle 60,00 Tolérance inférieure de l'humidité dans la salle

Décision concernant la température dans la salle avant les mesures :	ACCEPTATION
Décision concernant l'humidité dans la salle avant les mesures :	ACCEPTATION

Les dimensions des cales étalons proviennent de leur certificat d'étalonnage respectif. Ces valeurs sont arrondies au 100ème de mm.  
Les incertitudes de mesure sur les 4 cales sont négligeables (de l'ordre de 0,1 µm / 10 µm) par rapport aux écarts provenant des 2 tests "justesse et fidélité".

Justesse :										
Mesure N° :	Lecture 1 (mm)	Lecture 2 (mm)	Lecture 3 (mm)	Lecture 4 (mm)	Lecture 5 (mm)	Moyenne V1 (mm)	VCV des cales étalons (mm)	Ej (µm)	I Ej (µm)	Effort maximale de justesse (µm) :
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	24
2	1,00	0,99	1,00	0,99	0,99	0,99	1,00	-6	6	
3	4,99	4,99	4,99	4,99	4,99	4,99	5,00	-10	10	
4	29,99	29,98	29,98	29,98	29,98	29,98	30,00	-18	18	
5	199,96	199,98	199,98	199,98	199,98	199,98	200,00	-24	24	

Fidélité :	cale de 1 mm		cale de 5 mm		cale de 30 mm		cale de 200 mm	
	Bas	Haut	Bas	Haut	Bas	Haut	Bas	Haut
Ecart 1 (µm)	0,97	0,99	4,98	4,99	29,94	29,99	199,92	199,96
Ecart 2 (µm)	0,96	0,99	4,97	5,00	29,95	29,99	199,91	199,96
Ecart 3 (µm)	0,97	1,00	4,96	4,99	29,95	29,99	199,90	199,97
Ecart 4 (µm)	0,96	0,99	4,97	4,99	29,95	29,99	199,94	199,97
Ecart 5 (µm)	0,96	0,99	4,97	4,99	29,97	29,98	199,93	199,97
Moyenne (µm)	0,964	0,992	4,968	4,992	29,952	29,99	199,92	199,966
Erreur de fidélité (µm)	0,006	0,008	0,008	0,008	0,018	0,000	0,020	0,006
Différence des moyennes (µm)	0,028		0,026		0,038		0,046	

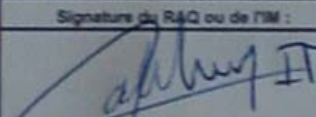
U (µm) 25

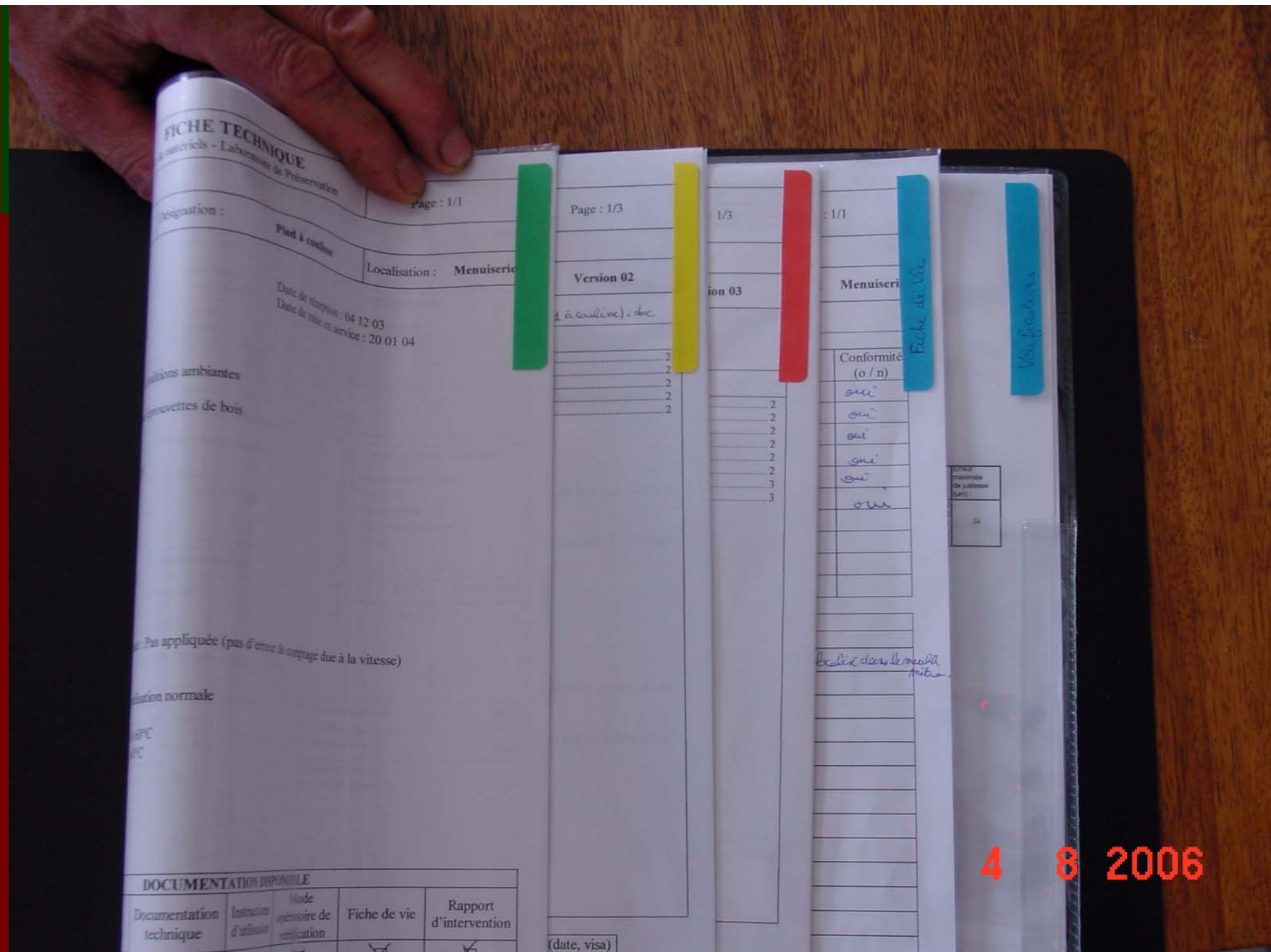
Ta-Ti (EN113 et EN117) 0,40 mm

Tolérance supérieure - Tolérance inférieure pour les normes EN113 et EN117 (en mm)

Ta-Ti (EN118) 2,00 mm

Tolérance supérieure - Tolérance inférieure pour la norme EN118 (en mm)

Norme	Cp	Décision	Signature du R&Q ou de l'IM :
EN113	8,1	ACCEPTATION	
EN117	8,1	ACCEPTATION	
EN118	40,6	ACCEPTATION	



4 8 2006





## Gérer le parc d'équipements

### *Définir les périodicités d'intervention*

- La périodicité est un **intervalle de temps** à l'intérieur duquel la probabilité est forte pour que la dérive d'un équipement donné n'ait pas dépassé des limites acceptables pour l'entreprise. Une périodicité doit donc pouvoir être justifiée.
- déterminée en fonction de l'**utilisation** de l'instrument.
- la périodicité sera **affinée** progressivement.
- tout « accident » déclenchera une opération immédiate de raccordement.



### *Le quotidien de l'entreprise*

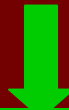
Lorsque l'étalonnage ou la vérification est réalisé :

- Soit l'équipement est jugé apte à être remis en service.

Conclusion : périodicité **trop courte**

- Soit l'équipement de mesure est déclaré **non-conforme** pour un usage donné.

Conclusion : périodicité **trop longue**



**Impact économique**



# Gérer le parc d'équipements

## Exemple: Planning d'interventions sur les équipements du laboratoire

PLMT06\_lab11\_démo (Aperçu) - Microsoft Word

Echier Edition Affichage Insertion Format Outils Tableau Fenêtre ?

75% Fermer

j:\ISO\_9001\_2000\Supports\Gestion\_eqpm\Documents\ro039b.doc

**CIRAD-AMIS**  
US49 Analyses

**PLANNING INTERVENTIONS 2006**  
Matériel LABORATOIRE  
→ ETALONNAGE (E)  
→ MAINTENANCE (M)  
→ VERIFICATION (V)

Matériel	Code	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	REPORT	PÉRIODE
		1° Trimestre			2° Trimestre			3° Trimestre			4° Trimestre				
Balance METTLER PM 100 Labo 29	BALA- 15	V		V		V		V		V		V		01/2007	2 mois
Masse certifiée 50g Bureau 12	MASS -12		E											02/2009	3 ans
Etuve MEMMERT 500 Labo 06	ETUV- 104					V						V		05/2007	6 mois
Sonde de température certifiée TESTO 925 Bureau 12	THER- 279													06/2008	3 ans

Légende :  
Si CONFORME au 1<sup>er</sup> essai : faire la V dans la case  
Si Non Conforme au 1<sup>er</sup> essai : Ecrire dans la case NC1  
Si Non Conforme au 2<sup>ème</sup> essai : Ecrire dans la case NC2  
Si Non Réalisé dans les Délais : Ecrire dans la case NRD

j:\ISO\_9001\_2000\Supports\Maitr\_ECME\Enregistrements\PLMT06\_Labo11.doc

Page 1 Sec 2 1/1 À 11,4 cm Li 14 Col 5 ENR REV EXT RFP Français (Fr)

démarrer Logos Courrier entr... Microsoft Po... PLMT06\_Lab1... LI\_EMV\_dém... LOGO\_symb... FR 14:52





## Gérer le parc d'équipements

### *Prévoir les enregistrements associés ...*

- Fiches de vie,
- Fiches de vérification,
- Rapports d'étalonnage,
- Liste des équipements soumis à vérification ou étalonnage,
- 
- 



# Gérer le parc d'équipements

... mais aussi leur **GESTION**

## Exemple

Libellé

Fiche de vérification

Code

(i) V\_NNNAAnn.xls

Qui les établit?

Opérateur qualifié

### EN VIE

emplacement

J:\équipements\vérifications\

durée

2 ans

responsable

Opérateur qualifié

### ARCHIVES

emplacement

CD-ROM (coffre laboratoire)

durée

5 ans après arrêt appareil

responsable

Responsable qualité

G  
E  
S  
T  
I  
O  
N



## Avantages d'une « Fonction Métrologie » ...

- **Qualité** du travail (exactitude des résultats, confiance du personnel, satisfaction des clients),
- **Connaissance** des équipements et de leur utilisation,
- **Homogénéité** du parc de matériel,
- **Économie** (achat raisonné, périodicités d'intervention optimisées),
- **Compétences** (formation et implication du personnel, savoir faire),
- 
- 



### ... et recommandations:

- Rester **réaliste**: tous les équipements n'ont pas la même importance,
- Eviter la **surqualité**: choix des équipements adapté, périodicité adéquate,
- **Adapter** la fonction métrologie à la taille et aux équipements du laboratoire.

